

[54] **LASER GYROSCOPE**

[75] Inventor: **Keimpe Andringa**, Sherborn, Mass.

[73] Assignee: **Raytheon Company**, Lexington, Mass.

[22] Filed: **Mar. 3, 1971**

[21] Appl. No.: **120,581**

[52] U.S. Cl. **356/106 LR**

[51] Int. Cl. **G01b 9/02**

[58] Field of Search **356/106 LR;**
331/94.5

[56] **References Cited**

UNITED STATES PATENTS

3,468,608	9/1969	Doyle	356/106 LR
3,480,878	11/1969	Macek	356/106 LR
3,500,233	3/1970	Doyle et al.	331/94.5

Primary Examiner—Ronald L. Wibert

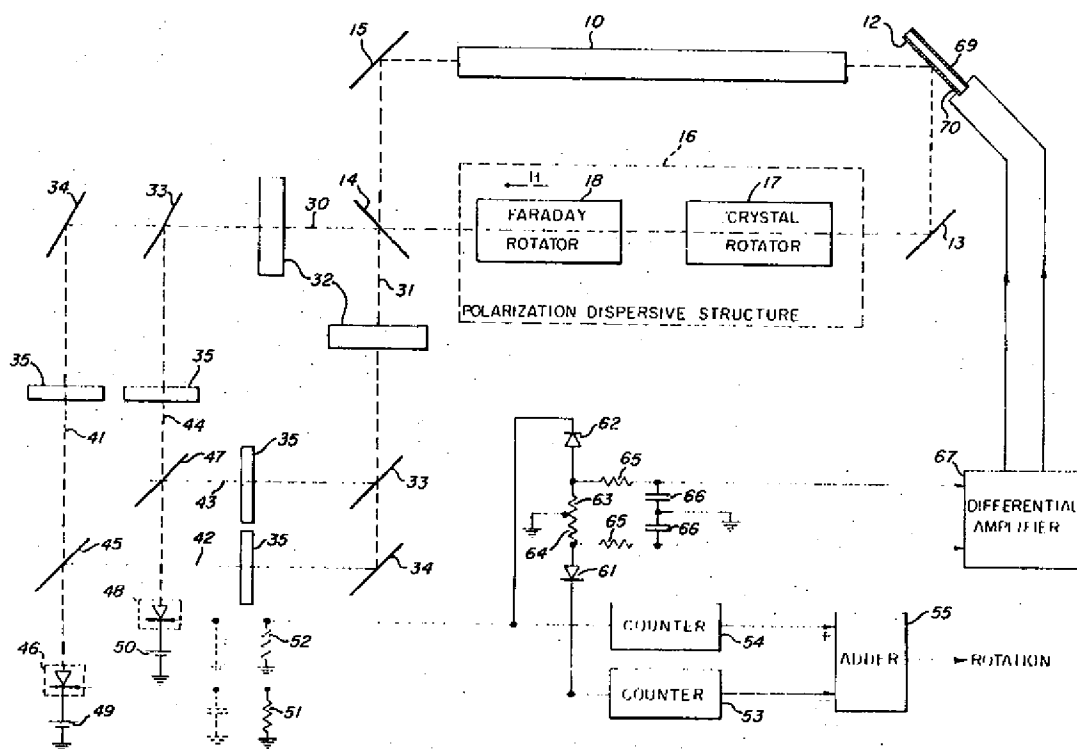
Assistant Examiner—V. P. McGraw

Attorney—Milton D. Bartlett, Joseph D. Pannone,
Herbert W. Arnold and David M. Warren

[57] **ABSTRACT**

A laser gyroscope system which detects frequency shifts in which waves are propagated along a path in opposite directions at different frequencies to minimize interaction between the waves with frequency separation of the waves maintained by both reciprocal and non-reciprocal polarization dispersion in which frequencies of the two waves propagating in one direction lie between the two frequencies of waves propagating in the opposite direction. Rotation of the system produces shifts of the frequencies so that variation in the difference between the separation between the two upper frequencies, which propagate in opposite directions, and the separation between the two lower frequencies, which propagate in opposite directions, is used to measure rotation rate.

17 Claims, 3 Drawing Figures



FR2128617

Publication Title:

No title available

Abstract:

Abstract not available for FR2128617 Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(13) DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION

1^{re} PUBLICATION

- (22) Date de dépôt 3 mars 1972, à 16 h 47 mn.
(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — «Listes» n. 42 du 20-10-1972.
(51) Classification internationale (Int. Cl.) G 02 f 1/00.
(71) Déposant : Société dite : RAYTHEON COMPANY, résidant aux États-Unis d'Amérique.

Titulaire : *Idem* (71)

- (74) Mandataire : Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne-d'Orves, Paris (9).
(54) Gyroscope à laser.

(72) Invention de :

- (33) (32) (31) Priorité conventionnelle : *Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le
3 mars 1971, n. 120.581 au nom de Keimpe Andringa.*

Il a été proposé des gyroscopes à laser dans lesquels les ondes se propagent dans des directions opposées dans un milieu laser, de sorte que la rotation de ce milieu laser autour d'un axe produit une différence de fréquence. Toutefois, à moins
5 que les fréquences des ondes soient notablement séparées, le couplage de l'onde se propageant dans une direction avec celle se propageant dans la direction opposée dans le matériau laser peut produire un effet laser combiné attirant les deux fréquences l'une vers l'autre et produisant un état connu sous le nom de
10 verrouillage.

Le verrouillage limite l'emploi des gyroscopes à laser du fait que pour les faibles vitesses de rotation auxquelles le verrouillage se produit normalement, la sortie devient nulle, ce qui produit une gamme de vitesses de rotation pour laquelle il
15 n'apparaît pas de sortie du fait que les ondes dirigées dans le sens des aiguilles d'une montre et en sens inverse ont la même fréquence. Le couplage entre les ondes peut se produire de nombreuses manières, comprenant la rétrodiffusion de l'énergie par les éléments de l'appareil à laser comme par exemple les fenêtres de séparation ou les autres transitions entre un milieu et
20 un autre.

Une autre source possible de couplage à l'intérieur du milieu laser proprement dit apparaît lorsque deux ondes se propageant dans des directions opposées entretiennent une relation
25 de phase instantanée pour laquelle elles se disputent le gain des atomes ayant une faible vitesse dans leur direction de propagation. La probabilité de verrouillage qui affecte la largeur de la région imprécise de sortie nulle du gyroscope en général augmente lorsque le gain de boucle du laser augmente.

Si les fréquences sont séparées par des distances importantes, en utilisant par exemple des dispositifs introduisant des retards qui sont différents dans les deux sens, cette différence de fréquence doit être maintenue avec précision. Les essais effectués pour obtenir une séparation précise des fréquences en
30 commutant un élément rotatif de Faraday d'un état à un autre se sont révélés peu pratiques du fait que la précision de la forme d'onde alternative de commutation doit être parfaitement symétrique à un degré notablement supérieur à une partie par 10^6 .

De plus, si on utilise un élément rotatif de Faraday non commuté pour produire les différentes fréquences pour des

directions de propagation opposées, les variations de l'élément rotatif de Faraday produisent des variations de fréquence supérieures aux variations de la fréquence de rotation gyroscopique, ce qui rend l'appareil imprécis.

5 Suivant l'invention, deux paires d'ondes se propageant dans des directions opposées sont maintenues séparées en fréquence afin de réduire notablement le couplage entre elles, et les décalages de fréquence dues aux variations de la température de fonctionnement des niveaux d'énergie d'alimentation ou du déplacement mécanique des éléments de l'appareil les uns par rapport
10 aux autres s'annulent pratiquement, de sorte que le débit global de l'appareil n'est pas affecté par ces variations.

 Plus précisément, l'invention envisage un laser à parcours en anneau dans lequel une série au moins d'ondes se propa-
15 gent dans chaque direction suivant le parcours annulaire. Une série de fréquences d'oscillation différentes se propagent dans chaque direction suivant le parcours en anneau. Les temps de propagation des ondes sont tels que les fréquences d'une paire d'ondes se propageant dans une direction dans le laser sont com-
20 prises entre les fréquences d'une paire d'ondes se propageant dans la direction opposée. Le déplacement du parcours en anneau du laser, en faisant tourner par exemple l'appareil autour d'un axe perpendiculaire à ce parcours, produit des décalages de fréquence des paires d'ondes se propageant dans une direction dans
25 le laser qui sont opposés aux décalages de fréquence des ondes se propageant dans le sens opposé. Ceci produit un écart de la séparation des fréquences entre la fréquence inférieure de chacune des paires qui est opposé à l'écart de séparation de fréquence entre la fréquence supérieure de chacune des paires, et l'écart
30 total obtenu en soustrayant un écart de l'autre est une fonction pratiquement linéaire de la vitesse de rotation et le signe de l'écart total indique le sens de cette rotation. Avec cet appareil, on peut obtenir une mesure notablement plus précise de la
35 vitesse de rotation que dans le cas des appareils à gyroscope mécanique.

 Comme les décalages de fréquence dus aux variations de l'alimentation d'entrée, aux vibrations mécaniques des composants ou aux variations thermiques apparaissant dans l'appareil décalent toutes les fréquences de façon pratiquement égale, du fait
40 que toutes les ondes se propagent dans les mêmes composants, les

séparations des fréquences supérieure et inférieure de chaque paire varient dans la même direction, de sorte qu'il en résulte un écart total nul. Par conséquent, ces décalages de fréquence n'introduisent pratiquement pas d'erreur dans l'appareil.

- 5 L'invention envisage également de faire fonctionner l'appareil de façon que la fréquence inférieure de chaque paire soit située au-dessus de la fréquence de gain maximal de la bande d'énergie de résonance de transition du laser, tandis que la
- 10 fréquence supérieure de chaque paire est située au-dessus de cette fréquence de gain maximal. Plus précisément, les fréquences de chaque paire sont maintenues à peu près équidistantes au-dessus et en dessous de la fréquence de gain maximal ou fréquence centrale du laser qui présente en général une distribution gaussienne de la fréquence en fonction du gain. Par conséquent, toute
- 15 tendance des deux fréquences supérieures et (ou) de fréquences inférieures à se rapprocher l'une de l'autre en raison de la pente de la courbe de gain ou des variations de celle-ci fait dévier l'écart entre les deux fréquences inférieures et l'écart entre les deux fréquences supérieures dans la même direction. Par suite,
- 20 la déviation totale de ces écarts de fréquence est pratiquement nulle lorsque l'amplification de l'appareil varie.

- Bien que l'on puisse utiliser un grand nombre de matériaux pour produire des temps de propagation différents pour des fréquences différentes, l'invention décrit un élément de dispersion de fréquences particulier dans lequel toute la dispersion
- 25 s'effectue dans un milieu en tirant parti des polarisations différentes des ondes. Plus précisément, deux ondes polarisées circulairement dans des sens opposés se propagent dans chaque direction dans le milieu. En choisissant un milieu tel qu'un cristal de quartz orienté de manière que les ondes se propagent suivant
- 30 l'axe optique, le retard correspondant à une onde ayant une certaine polarisation est différent de celui d'une onde ayant une polarisation différente. La différence de retard, qui est réciproque et qui produit les fréquences différentes peut se choisir
- 35 en fixant la longueur du cristal de quartz.

- De plus, le petit effet Faraday que de nombreux cristaux peuvent présenter est utilisé pour produire une variation non réciproque du temps de retard pour les ondes polarisées circulairement se propageant dans les directions opposées dans le cristal,
- 40 de sorte que, pour une onde d'une certaine polarisation se propa-

geant dans le cristal dans une direction, le retard est différent de celui d'une onde de même polarisation se propageant dans le sens opposé.

La quantité de rotation Faraday produite varie avec
5 l'intensité du champ magnétique appliquée de façon axiale et parallèle à la direction de propagation dans le cristal, et la direction de la rotation Faraday peut être inversée en inversant la direction du champ magnétique. Les variations du champ magnétique provoquent des décalages des quatre fréquences de l'appareil,
10 le décalage des fréquences d'un sens de polarisation se déplaçant dans une direction opposée du fait que les ondes ayant ce sens de polarisation de rotation se propagent également dans des directions opposées dans l'élément rotatif de Faraday. Il en résulte que les variations du champ magnétique provoquent une
15 séparation entre la fréquence supérieure de chaque paire et une séparation entre la fréquence inférieure de chaque paire qui dévie dans le même sens, de sorte que la déviation totale est nulle. Par conséquent, ces décalages de fréquence n'affectent pratiquement pas la sortie du gyroscope

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la Fig. 1 est un schéma d'un laser à parcours en anneau
25 suivant l'invention ;

la Fig. 2 est un diagramme de la caractéristique de fonctionnement de l'appareil représenté à la Fig. 1 ; et

la Fig. 3 représente un mode de réalisation préféré de l'appareil de l'invention.

30 La Fig. 1 représente un gyroscope à laser comportant un milieu laser amplificateur 10. Un parcours en anneau destiné aux faisceaux laser est constitué par quatre réflecteurs 12, 13, 14 et 15 positionnés à 45° par rapport à la trajectoire des ondes passant par l'axe du laser 10 et définissant le parcours rectangulaire, l'amplificateur à laser 10 étant monté dans une branche
35 du parcours.

Dans la branche opposée du rectangle par rapport au laser 10 se trouve un dispositif de dispersion de polarisation 16 qui retarde les ondes ayant des polarisations différentes de
40 quantités différentes. Le dispositif 16 peut être par exemple un

élément rotatif 17 en cristal de quartz classique dont l'axe optique est parallèle au parcours du laser et un élément rotatif de Faraday 18 classique dont le champ magnétique est parallèle au trajet de l'onde laser.

5 L'élément rotatif 17 en cristal produit un retard destiné aux ondes à polarisation circulaire qui pour un sens de polarisation circulaire est différent de celui du sens opposé et est réciproque, c'est-à-dire qu'une onde se propageant dans l'une ou
10 l'autre direction dans le cristal sera retardée de la même quantité. L'élément rotatif de Faraday 18 retarde également les ondes polarisées circulairement mais n'est pas réciproque, c'est-à-dire qu'il fait tourner dans un sens positif une onde à polarisation circulaire d'un sens se propageant dans l'élément rotatif dans une direction, ou augmente la quantité de rotation, mais
15 fait tourner dans un sens négatif l'onde de polarisation circulaire de même sens se propageant dans la même direction dans l'élément rotatif, ou réduit la quantité de rotation.

Comme la variation de la quantité totale de retard modifie la longueur du trajet électrique et comme il faut un nombre
20 entier de longueurs d'onde sur le parcours du faisceau laser, défini par les éléments 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17 et 18 pour produire des oscillations, quatre fréquences d'oscillation sont produites, les fréquences de la Fig. 2 correspondant à 21 et 22 peuvent être produites par exemple par les ondes à polarisation
25 circulaire gauche, la fréquence 21 se propageant dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'appareil représenté à la Fig. 1 et la fréquence 22 se propageant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'appareil de la Fig. 1. Les fréquences correspondant à 23 et 24 représentent les ondes à polarisation
30 circulaire droite, la fréquence 23 se propageant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et la fréquence 24 dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'appareil à laser représenté à la Fig. 1. Ces fréquences sont représentées sous la forme de différences positives et négatives par rapport à la fréquence de gain maximal ou fréquence centrale du laser 10.
35

Lorsque l'appareil de la Fig. 1 tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan du parcours du laser, les deux fréquences 22 et 23 sont décalées dans une direction, tandis que les fréquences 21 et 24 sont décalées dans la direction opposée. Par exemple, si l'appareil tourne dans le sens des aiguilles d'une

montre, les fréquences 22 et 23 sont réduites et les fréquences 21 et 24 augmentées, et comme les fréquences 22 et 23 sont situées entre les fréquences 21 et 24, la séparation entre les fréquences 21 et 22 est réduite et la séparation entre les fréquences 23 et 24 est accrue. La somme des variations dans ces séparations est directement proportionnelle à la vitesse de rotation de l'appareil de la Fig. 1. Cette somme est séparée des décalages de fréquence en raison d'autres causes, comme par exemple la variation du gain ou les variations thermiques dans le parcours, en ajoutant algébriquement ces variations ou les écarts des séparations de fréquences. Une réduction d'une telle séparation de fréquence est accompagnée d'un signe négatif et une augmentation d'une telle séparation de fréquence est accompagnée d'un signe positif.

Le sens de rotation est déterminé par les signes relatifs des déviations de fréquences. Par exemple, lorsque la séparation entre les fréquences 21 et 22 est inférieure à la séparation entre les fréquences 23 et 24, l'appareil tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et, lorsque la séparation entre les fréquences 21 et 22 est supérieure à la séparation entre les fréquences 23 et 24 la rotation se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Les quatre fréquences du gyroscope sont obtenues de la petite quantité d'énergie laser qui traverse le miroir 14 qui est par exemple inférieure à 1/10ème de un pour cent de l'énergie totale du faisceau.

Les ondes se propageant dans le sens des aiguilles d'une montre traversent le miroir 14 et empruntent la trajectoire représentée en 30, tandis que les ondes se propageant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre empruntent la trajectoire 31. Les faisceaux traversent des plaques quart d'onde 32 d'un type désiré quelconque, comme par exemple des plaques en cristal de quartz orientées de façon telle que leur axe Z soit perpendiculaire aux faisceaux et leur axe X ou Y soit parallèle aux faisceaux. Les épaisseurs des plaques 32 sont choisies en fonction de la pratique bien connue, de façon que les ondes polarisées circulairement soient transformées en ondes polarisées linéairement, l'onde à polarisation linéaire de chaque faisceau produite par la polarisation circulaire droite étant à peu près perpendiculaire à l'onde à polarisation linéaire produite par la polarisation circulaire gauche. Chacun des faisceaux 30 et 31 est divisé en

deux faisceaux d'amplitudes à peu près égales par des miroirs semi-argentés 33 des faisceaux traversant les miroirs 33 étant réfléchis par des miroirs 34 afin d'obtenir quatre faisceaux qui traversent quatre analyseurs de polarisation 35. Les analyseurs
5 de polarisation ne transmettent qu'un angle d'onde polarisé linéairement et, en réglant l'orientation de rotation des analyseurs 35, on obtient des faisceaux 41, 42, 43 et 44 ne comportant pratiquement que les fréquences 21, 22, 23 et 24 respectivement.

Les faisceaux 41 et 42 sont superposés au moyen d'un
10 miroir semi-argenté 45 sur une photodiode 46 et les faisceaux 42 et 43 sont superposés au moyen d'un miroir semi-argenté 47 sur une photodiode 48. Les photodiodes 46 et 48 sont polarisées en sens inverse au moyen de piles 49 et 50 respectivement et la différence de fréquence produite par la photodiode 46 par rapport à
15 la séparation entre les fréquences 21 et 22 apparaît aux bornes de la résistance de charge 51, tandis que la différence de fréquence produite par la photodiode 48 par rapport à la séparation entre les fréquences 23 et 24 apparaît aux bornes de la résistance de charge 52. Les fréquences supérieures à ces fréquences
20 de différence sont filtrées par la capacité parasite de l'appareil et n'apparaissent pas sur les résistances 51 et 52.

Les fréquences de différence sont comptées par des compteurs 53 et 54 qui peuvent comporter des circuits conformateurs afin d'engendrer des impulsions numériques à partir des ondes de
25 fréquence de différence sinusoïdales conformément à la pratique bien connue. La sortie du compteur 53 est soustraite de la sortie du compteur 54 au moyen d'un additionneur 55 qui est connecté de manière à ajouter la sortie du compteur 53 sous la forme d'un nombre négatif à la sortie du compteur 54 sous la forme d'un nom-
30 bre positif, conformément à la technique bien connue des compteurs. La sortie de l'additionneur 55 est par conséquent un nombre directement proportionnel à la quantité totale de rotation de l'appareil laser pendant la durée au cours de laquelle les compteurs ont fonctionné. Si le compte total est positif, la sortie
35 du compteur 54 est supérieure à celle du compteur 53 et la rotation s'effectue dans le sens inverse des aiguilles d'une montre tandis que si la sortie est négative, la rotation s'effectue dans le sens des aiguilles d'une montre. Conformément à la pratique bien connue des compteurs, on peut faire fonctionner les comp-
40 teurs de façon répétitive pendant des périodes prédéterminées et

le compte est alors proportionnel à la vitesse de rotation.

Les signaux engendrés aux bornes des résistances 51 et 52 auront une amplitude en fonction de la position des fréquences sur la courbe de gain 90 représentée à la Fig. 2 et pourront être
5 utilisés pour produire un signal de commande aux fréquences centrales 21, 22, 23 et 24 symétriquement par rapport à la fréquence centrale de la courbe 90. Les amplitudes de ces signaux sont détectées par des diodes 61 et 62 respectivement et apparaissent sur des résistances de charge 63 et 64 respectivement dont les
10 sorties sont appliquées à des réseaux de filtrage comprenant des résistances 65 et des condensateurs 66 qui déterminent la réponse en fréquence désirée de la boucle des signaux de commande et sont appliquées ensuite à un amplificateur différentiel 67 dont la sortie excite un cristal piézo-électrique supportant l'un des
15 miroirs 12. Comme représenté, le cristal piézoélectrique est un morceau de quartz 68 comportant une électrode arrière 69 qui peut faire partie du support mécanique (non représentée) et une électrode antérieure 70 supportant le miroir 12. L'amplification et la polarité de l'amplificateur différentiel 67 sont choisies de
20 façon à déplacer le miroir 12 pour compenser le déplacement mécanique des parties de l'appareil les unes par rapport aux autres, ce qui maintient les fréquences 21, 22, 23 et 24 disposées symétriquement par rapport à la fréquence centrale de la courbe 90.

25 La Fig. 3 représente un mode de réalisation préféré de l'invention dans lequel le laser 10 est à gaz et comporte une enceinte en verre 71 contenant un mélange de néon et d'hélium qui amplifie les longueurs d'ondes d'environ 6328 Å. Deux cathodes 72 sont disposées dans les branches latérales 73 adjacentes aux
30 extrémités du laser 10 qui sont connectées à l'orifice laser 74 s'étendant entre les extrémités du corps en verre 71 et se terminent au niveau de fenêtres optiques 75. Une anode 76 est située dans une branche latérale 77 connectée à l'orifice laser 70 située à peu près à mi-chemin entre les branches des cathodes 73. Des
35 décharges électriques à courant continu sont produites entre les cathodes 72 et l'anode 76 au moyen d'une alimentation 78 qui est de préférence du type à courant constant réglable.

Le parcours du laser est défini par quatre miroirs 80, 81, 82 et 83 situés aux coins d'un parcours à peu près rectangu-
40 laire à 45° à peu près par rapport aux angles d'incidence et de

réflexion du parcours. L'ensemble entier définissant le parcours est monté sur un support 84 qui assure un positionnement à peu près rigide des éléments pour réduire à une valeur minimale les modifications de la longueur du parcours dues aux vibrations mécaniques. Le support 84 est monté sur un dispositif (non représenté) dont la rotation doit être mesurée. Les miroirs 80, 81, 82 et 83 sont rendus réglables selon la pratique bien connue au moyen de supports (non représentés) afin d'aligner le faisceau laser le long du parcours rectangulaire. Un ou plusieurs miroirs, comme par exemple le miroir 82 est rendu concave pour faciliter la concentration du faisceau sur l'orifice laser 74. L'ensemble entier peut être protégé si on le désire contre les erreurs dues au déplacement des gaz le long du parcours laser en mettant sous vide toutes les parties du parcours autres que celles se trouvant à l'intérieur de l'enceinte 71 remplie de gaz. Le déplacement du gaz dans l'orifice laser 74 dû à la décharge électrique est compensé du fait que le mouvement des ions dans le gaz le long de l'orifice laser 74 s'effectue dans les deux directions à partir de la branche d'anode 77 vers chacune des branches de cathodes 73. Par conséquent, lorsque le laser est excité par une décharge à courant continu, des mouvements égaux et opposés des particules de gaz apparaissent dans l'orifice laser 74. La longueur de l'orifice 74 est rendue suffisante pour compenser les pertes apparaissant dans le signal laser dans le parcours rentrant et peut être de par exemple 20 à 100 cm. La longueur totale du parcours peut être réduite en disposant des lasers supplémentaires dans les autres branches du parcours rectangulaire et, si on le désire, des parties des fenêtres 75 peuvent être constituées par un ou plusieurs miroirs pour réduire les pertes.

Il est représenté dans la branche opposée à celle contenant le laser 10 un dispositif de dispersion de polarisation 85 comprenant un corps en cristal de quartz positionné de façon telle que son axe Z ou axe optique soit parallèle au parcours du faisceau laser. Ceci produit la dispersion de polarisation réciproque obtenue avec l'élément 17 de la Fig. 1.

Si la séparation de fréquence produite par la dispersion de polarisation réciproque est relativement grande, par exemple de 150 MHz, l'effet Faraday dans le cristal de quartz produit une dispersion de polarisation non réciproque suffisante pour produire une séparation de fréquence de par exemple 0,1% de celle

produite par la dispersion de polarisation réciproque. La rotation Faraday produite par un aimant permanent 86 situé entre les pièces polaires 87 et 88 aux extrémités du cristal 85 qui produit un champ magnétique axial par rapport aux faisceaux laser. Les

5 pièces polaires 87 et 88 comportent des trous pour laisser passer le faisceau laser. Comme les variations du champ magnétique produisent des décalages de fréquence qui s'annulent dans le signal de sortie, la dimension du champ magnétique n'est pas critique et est choisie en fonction de la longueur du cristal 85

10 afin de produire un décalage de polarisation non réciproque suffisante conformément aux constantes physiques connues du quartz. On peut utiliser un grand nombre de matériaux à la place du quartz ayant les propriétés désirées de dispersion de polarisation réciproque et de dispersion de polarisation de Faraday non réciproque.

15 En ce qui concerne le présent mode de réalisation, un cristal de quartz de 4 mm environ de longueur et une intensité du champ magnétique de 2000 gauss produiront les séparations de fréquences désirées.

La lumière extraite de l'appareil, par exemple sous la

20 forme de petites quantités transmises par le miroir 83, frappe un dispositif de sortie 89 comprenant des plaques quart d'onde, des miroirs semi-argentés, des analyseurs de polarisation et des photo-détecteurs d'un type désiré quelconque comme par exemple celui représenté à la Fig. 1. En ce qui concerne le mode de

25 réalisation représenté à la Fig. 3, le laser présente une courbe d'amplification relativement pointue en raison de la résonance moléculaire représentée par la courbe 90 à la Fig. 2 dans laquelle les points de demi-énergie sont séparés par 1000 MHz, comme représenté par les points 91. Dans un tel appareil présentant un

30 parcours laser relativement long, les modes d'oscillation adjacents peuvent apparaître au-dessus des points de demi-énergie. Ces modes sont, pour la configuration représentée, situées à 300 et 400 MHz des fréquences de fonctionnement désirées 21, 22, 23 et 24, comme représenté par les fréquences 92. Comme la courbe

35 90 est essentiellement une distribution gaussienne du gain en fonction de la fréquence, on peut régler le gain de l'appareil en réglant l'alimentation 70, de sorte que le gain de boucle est inférieur à l'unité pour les fréquences situées dans les régions de la courbe 90 dans lesquelles se trouvent les modes adjacents

40 92, comme représenté par exemple par la partie de la courbe 90

située en dessous de la droite 93. Les modes 92 ne sont alors pas excités et toute différence de fréquence que ces modes pourraient introduire sera éliminée.

Si on le désire, les modes adjacents peuvent être excités et l'appareil fonctionne de façon telle que la séparation de fréquence due à la rotation de Faraday non réciproque n'excède pas quelques centaines de kHz. Des photo-détecteurs de sortie, par exemple 46 et 48 à la Fig. 1, peuvent être conçus en même temps que la résistance de charge 51 et 52 de manière à présenter des capacités parallèles qui éliminent par filtrage toutes les fréquences supérieures à 1 MHz et les différences de fréquence apparaissant dans les sorties seront par conséquent des bandes de fréquence de quelque hertz de large représentant la variation de la séparation de fréquence entre les fréquences principales et leurs modes adjacents. La moyenne de ces petites bandes peut être calculée dans les compteurs de calcul 53 et 54 ou dans un circuit discriminateur de fréquence suivant la pratique bien connue. Avec ce mode de fonctionnement, la stabilisation de la longueur du parcours, par exemple au moyen d'un cristal de quartz monté sur un cristal, peut être éliminée si on le désire, du fait que les modes adjacents seront toujours à l'intérieur de la courbe de gain.

Bien entendu, les détails des modes de réalisation décrits ci-dessus n'ont été donnés qu'à titre d'exemple et on peut utiliser n'importe quel type de laser. La largeur de la courbe de gain peut être réglée en ajustant les mélanges de gaz et les courants de fonctionnement et on peut utiliser des lasers à l'état solide comprenant par exemple du rubis, du grenat à l'aluminate d'yttrium dopé au néodyme ou de l'orthoaluminate d'yttrium dopé au néodyme. Alors qu'en général la précision de l'appareil pour une dimension donnée augmente avec la région de fréquence, on envisage que les principes de l'invention s'appliquent également aux fréquences plus faibles, comme par exemple la région des hyperfréquences, et que des amplificateurs tels que des dispositifs semi-conducteurs puissent être utilisés à la place de l'amplificateur à laser réparti décrit ci-dessus.

REVENDICATIONS

1.- Appareil gyroscopique à laser caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif pour diriger les ondes d'énergie rayonnante suivant un parcours dispersif de polarisation, les ondes comportant au moins une série de fréquences cohérentes dans des sens opposés du parcours et un dispositif placé sur le parcours pour amplifier les ondes.

2.- Appareil suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les ondes varient en fréquence.

3.- Appareil suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la variation de fréquence est produite par le déplacement des parcours.

4.- Appareil suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les parcours sont définis au moins en partie par une série de réflecteurs.

5.- Appareil suivant la revendication 4, caractérisé en ce que deux au moins des ondes se propageant dans le même sens sur le parcours ont des polarisations sensiblement différentes.

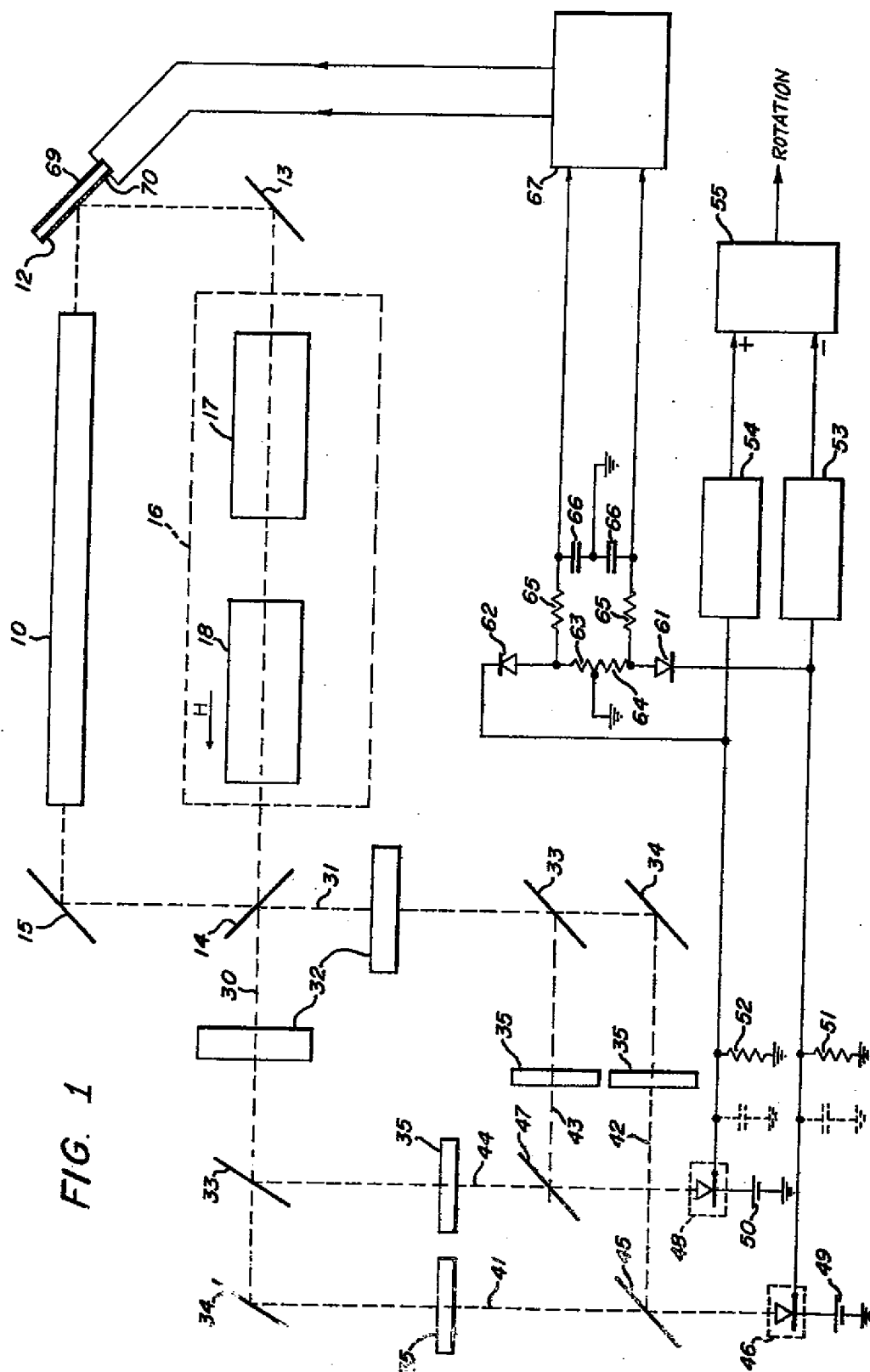
6.- Appareil suivant la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif d'amplification comprend un milieu s'étendant le long d'au moins une partie importante du parcours.

7.- Appareil suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le milieu comporte une série d'états d'énergie possibles.

8.- Appareil suivant la revendication 7, caractérisé en ce que le dispositif d'amplification comprend des éléments permettant de produire une inversion de population pour l'un au moins des états d'énergie.

9.- Appareil suivant la revendication 8, caractérisé en ce que le milieu est constitué par un fluide.

10.- Appareil suivant la revendication 9, caractérisé en ce que le gaz est constitué par de l'hélium et du néon.



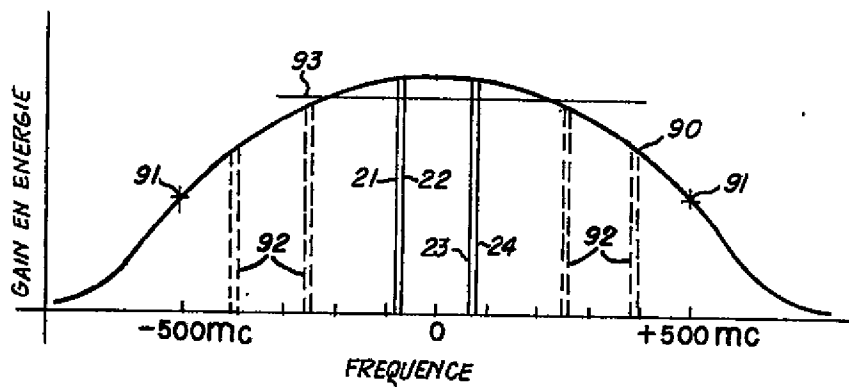


FIG. 2

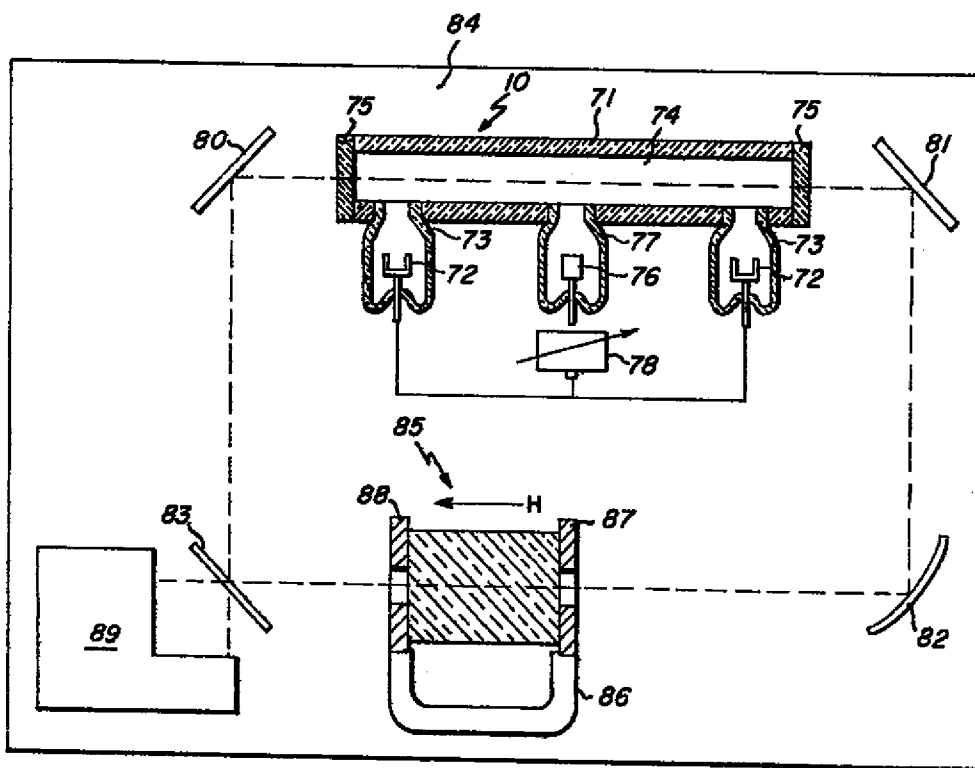


FIG. 3